



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 34 111 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 K 41/02**  
B 60 K 23/02  
F 16 D 48/02  
F 02 D 41/00

②1 Aktenzeichen: P 44 34 111.3  
②2 Anmeldetag: 23. 9. 94  
④3 Offenlegungstag: 28. 3. 96

DE 4434111 A1

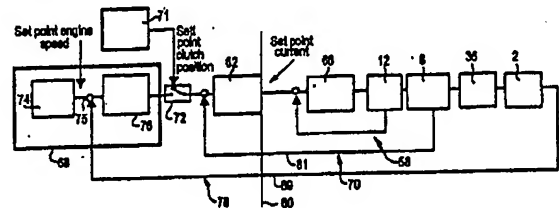
⑦1 Anmelder:  
Kongsberg Automotive Technology AS, Kongsberg,  
NO

⑦4 Vertreter:  
Fuchs, F., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 81541 München

⑦2 Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

⑤4 Steuerung für eine automatisch betätigte Kupplung

⑤7 Eine automatisch betätigte Kupplung 3 zwischen dem Motor 2 und dem Getriebe 4 eines Kraftfahrzeugs wird durch ein hydraulisches Stellglied 8, das den Ausrücker der Kupplung verschleibt, zwischen einer voll ausgerückten Lage über Lagen, in denen ein Schlupf in der Kupplung auftritt, in eine voll eingerückte Lage bewegt. Ein Berührungspunkt der Kupplung, bei dem Motordrehmoment beginnt übertragen zu werden, wird ermittelt und die dabei von dem Stellglied 8 eingenommene Lage gespeichert. Die Motordrehzahl in dem Berührungspunkt wird durch einen Drehzahlregelkreis 78 auf eine Drehzahl geregelt, die etwas (ca. 50 U/min) unter der Drehzahl der Kupplungs(ausgangs)welle liegt. Das Stellglied 8 wird durch eine dem Drehzahlregelkreis 78 unterlagerten Lagerregelkreis 78 in die dem Berührungspunkt entsprechende Lage geregelt.



DE 4434111 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Steuerung für eine automatisch betätigte Kupplung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1. Mit der Kupplung wird das Drehmoment des Motors eines Kraftfahrzeugs an das Getriebe übertragen oder es wird der Kraftfluß zwischen Motor und Getriebe unterbrochen. Beim Anfahren wird das übertragene Drehmoment stetig erhöht. Die Drehmomentübertragung erfolgt hier mit schleifender Kupplung, d. h. mit einer Drehzahldifferenz zwischen der Abtriebswelle des Motors und der Antriebswelle des Getriebes. Auch bei anderen Fahrzuständen wird Drehmoment mit einem Schlupf in der Kupplung übertragen, zum Beispiel um Schwingungen in dem Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs zu vermeiden.

Bei herkömmlichen Kraftfahrzeugen wird die Kupplung durch den Fahrer über das Kupplungspedal betätigt, d. h. aus- und eingerückt. Um die Bedienung eines Kraftfahrzeugs zu erleichtern, den Fahrer zu entlasten und es ihm zu ermöglichen, dem Straßenverkehr mehr Aufmerksamkeit zu widmen, sind automatisch betätigte Kupplungen entwickelt worden.

Eine bekannte Einrichtung steuert eine automatische Reibungskupplung bei einem Betriebszustand wie das Anfahren, Schalten usw. oder bei Übergängen zwischen den Betriebszuständen (DE-A 40 11 850, US-A 5 176 234). Ein Regeleingriffspunkt der Kupplung für das Anfahren wird abhängig von einer Momenten- oder Winkelmessung im Antriebsstrang ermittelt. Die Kupplung wird bei eingelegtem Gang und stehendem Fahrzeug aus ihrer ausgerückten Stellung mit definierter Geschwindigkeit bis zu einer Stellung geschlossen, in der Motordrehmoment übertragen wird, dieses aber nicht ausreicht, das Kraftfahrzeug zu bewegen. Ein Wert beim Erreichen eines vorgegebenen Momentes oder Winkels, z. B. der Ort der Kupplungsbetätigung, wird ermittelt und gespeichert und danach die Kupplung teilweise wieder geöffnet und in eine sogenannte Wartestellung gebracht.

Automatisch betätigte Kupplungen ergeben einen Fahrkomfort, der mit dem eines automatischen Getriebes vergleichbar ist, erfordern aber einen wesentlich geringeren Aufwand und ergeben ein geringeres Gewicht. In einigen Fahrsituationen haben sie zusätzliche Vorteile gegenüber automatischen Getrieben.

Um eine Kupplung einerseits sanft und ruckfrei greifen zu lassen, andererseits aber ein zu langes Schleifen, das zu einem unnötigen Verschleiß des Kupplungsbelages führen würde, zu vermeiden, muß der Eingriffspunkt der Kupplung genau eingehalten werden. Er verändert sich aber in Wirklichkeit abhängig von verschiedenen Einflüssen, insbesondere ist er von der Temperatur und dem Verschleiß abhängig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Steuerung für eine automatische Kupplung zu schaffen, durch welche die verschiedenen Einflüsse auf das Eingriffsverhalten der Kupplung ausgeglichen werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Steuerung nach Anspruch 1 gelöst.

Zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen niedergelegt.

Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, daß der Fahrer das Antriebsdrehmoment allein über das Gaspedal steuern muß. Damit werden insbesondere das Fahren auf glattem Untergrund und Parkmanöver bei beengten Platzverhältnissen erleichtert. Die Lebensdauer der Kupplung wird erhöht. Die Kupplungsbetätigung paßt sich an den Fahrstil des Fahrers an, sei dieser mehr ökonomisch oder mehr sportlich betont. Ein Rufen oder Ruckeln der Kupplung oder gar ein Abwürgen des Motors durch eine ungenaue Kupplungsbetätigung werden vollständig vermieden. Andererseits verbleibt die Gangwahl bei Fahrer. Daß hierfür ein Bedürfnis besteht, ergibt sich auch daraus, daß neuerdings bei sportlichen Fahrzeugen der Oberklasse mit automatischem Getriebe dem Fahrer durch zusätzliche Maßnahmen wieder die freie Gangwahl ermöglicht wird. Fehlerhafte Schaltungen, z. B. von einem sehr hohen in einem sehr niedrigen Gang, werden durch die erfindungsgemäße Steuerung verhindert. Damit können auch Ruckeln und Schwingungen im Antriebsstrang wirksam verhindert werden, und es entfällt die damit verbundene Geräuscentwicklung im Innern des Fahrzeugs bei langsamem Fahren in einem hohen Gang. Da durch die Kupplungssteuerung ein übermäßiges Hochdrehen des Motors verhindert und der Kraftstoffverbrauch vermindert wird, verringert sich die Umweltbelastung durch das Kraftfahrzeug.

Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung ist ein hier als Berührungspunkt (auch als "touch point") bezeichneter Eingriffspunkt, der als Sollwert für die Regelung der Kupplungsstellung dient und der laufend aktualisiert wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden Anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die wesentlichen Antriebs- und Bedienungsteile eines mit einer erfindungsgemäßen automatischen Kupplungssteuerung versehenen in Kraftfahrzeugs in schematischer Darstellung;

Fig. 2 eine Aufteilung der Bestandteile der Steuerung nach Fig. 1 in Module;

Fig. 3 einen Stellantrieb zum Betätigen einer Kupplung;

Fig. 4 einen Überblick über den Stellantrieb nach Fig. 4 und die zugehörige Regelkreise;

Fig. 5 Regelkreise der Kupplungssteuerung nach Fig. 1;

Fig. 6 einen Überblick über den Antriebsstrang und die Bedienungselemente eines Kraftfahrzeugs mit einer Kupplungssteuerung nach Fig. 1, sowie die darin verwendeten Sensorsignale;

Fig. 7 ein Diagramm zum Erläuterung des Berührungspunktes der Kupplung, und

Fig. 8 eine Stellgliedbewegung einer Kupplungssteuerung nach Fig. 1 in Form eines Meßdiagramms.

Ein schematisch dargestellter Kraftfahrzeugantrieb 1 (Fig. 1) weist auf: einen Motor 2, eine Kupplung 3, ein Getriebe 4 und eine Gelenkwelle 6, die zu einem hier nicht dargestellten Achsantrieb des Kraftfahrzeugs führt. Die Kupplung 3 wird durch ein hydraulisches Stellglied 8 betätigt, dessen axiale Lage durch einen Positionssensor oder Stellungsgeber 9 erfaßt wird. Angetrieben wird das Stellglied 8 durch eine hydraulische Druckversorgungseinheit 11 mit integrierten Proportionalventil 12, die mit einem Ölbehälter 14 verbunden ist. Die Hydraulikleitungen (ohne Bezugszeichen) zwischen dem Stellglied 8, der Druckversorgungseinheit 11 und dem Ölbehälter 12 sind mit dicken Strichen dargestellt, während die verschiedenen aus der Zeichnung ersichtlichen Signalleitungen mit feinen Strichen gezeichnet sind.

Ein elektronisches Steuergerät 15 empfängt mehrere Sensorsignale: von einem Motordrehzahlsensor 16, von einem Getriebeeingangswellen-Drehzahlsensor 17, von einem mit einem Schalthebel 18 verbundenen Schalthebelstellungssensor 20, von dem Positionssensor 9 des hydraulischen Stellglieds 8 und von einem Bremslichtschalter 21. Das Steuergerät 15 verarbeitet diese Signale in einer noch zu beschreibenden Weise und erzeugt ein Steuersignal, das über eine Leitung 22 zu dem Proportionalventil 12 übermittelt wird. Dieses steuert den Zufluß von unter Druck stehenden Hydrauliköl zu dem hydraulischen Stellglied 8 und damit die Stellung der Kupplung 3. Einzelheiten hierzu werden weiter hinten erläutert.

Das Steuergerät 15 sendet im Falle eines Fehlers, z. B. eines zu starken Verschleißes der Kupplungsbeläge, ein Warnsignal an eine Warnlampe 23, die auf dem Armaturenbrett des Kraftfahrzeugs in der Nähe des Lenkrads 24 angebracht und somit für den Fahrer gut sichtbar ist.

Zur Erläuterung der Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Kupplungssteuerung dient auch die aus Fig. 2 ersichtliche systematische Einteilung der Steuerungsbestandteile in Module, die durch schematisch dargestellte Signal- und Datenleitungen 25 miteinander und mit den bereits erwähnten Sensoren im Kraftfahrzeug verbunden sind. Diese Sensoren sind hier in einem Sensormodul 26 zusammengefaßt. Sie senden über Leitungen 27 an ein elektronisches Modul 28 Signale, die folgende Größen wiedergeben (von oben nach unten): die Motordrehzahl, die Kupplungsdrehzahl, die der Eingangswellendrehzahl des Getriebes entspricht, die Schalthebelstellung, die Bremsbetätigung und die Stellung der Drosselklappe. Über weitere Signal- und Datenleitungen 29 gelangen Signale bezüglich des Ölniveaus in dem Ölbehälter 14, des hydraulischen Arbeitsdrucks und der Position der Kupplung 3 zu dem elektronischen Modul 28.

Das elektronische Modul 28 schließt ein Programm- oder Softwaremodul 30 ein, das die Programme für das Steuergerät 15 enthält. Ein Hydraulikmodul 31 ist mit dem elektronischen Modul 28 einerseits durch die Signal- und Datenleitungen 29 und andererseits durch eine Versorgungsleitung 32 und eine Steuerleitung 33 verbunden. Über die Versorgungsleitung 32 wird eine zu der hydraulischen Druckversorgungseinheit 11 gehörende Pumpe mit Strom versorgt. Über die Steuerleitung 33 wird das Hydraulikmodul 31 mit einem Strom versorgt, der proportional zu der axialen Stellgeschwindigkeit der Kupplung ist. Das Hydraulikmodul 31 sendet über eine Leitung 34 ein Stellsignal für die Kupplung aus.

Eine schematisch dargestellte Kupplung 36 (Fig. 3) besteht im wesentlichen aus der Reibfläche eines Schwungrads 37 des Motors, einer Druckplatte 38, einer Membranfeder 39, die an Schneiden 40 schwenkbar gelagert ist, einem Ausrücker oder Ausrücklager 41, der durch eine Ausrückgabel 42 axial verschoben wird. Zwischen dem Schwungrad 37 und der Druckplatte 38 ist eine Kupplungsscheibe 43 angeordnet, auf der in bekannter Weise Kupplungsbelege befestigt sind.

Die Kupplung 36 wird durch das hydraulische Stellglied 8 betätigt. In der in der Zeichnung dargestellten Lage wird die Druckplatte 38 durch die Membranfeder 39 gegen das Schwungrad 37 gedrückt. Dabei wird die Kupplungsscheibe 43 durch Reibung mitgenommen und überträgt die Drehbewegung des Schwungrads 37 auf eine Antriebswelle 44 des Getriebes.

Wird ein in dem Stellglied 8 verschiebbarer Kolben 45 durch Arbeitsdruck des Hydrauliköls nach rechts verschoben, so schwenkt die Kolbenstange 46 die mit einem rechtwinklig angeordneten Hebel 47 versehene Ausrückgabel 42 nach oben. Dabei wird die Membranfeder 39 über die Schneide 40 geschwenkt und hebt die Druckplatte 38 von der Kupplungsplatte 43 ab, wodurch der Kraftfluß zwischen dem Motor und dem Getriebe des Kraftfahrzeugs unterbrochen wird.

Der Zu- und Abfluß von unter Druck stehendem Hydrauliköl zu dem Stellglied 8 wird durch das Proportionalventil 12 gesteuert. Dieses enthält einen axial beweglichen Schieber 49, der durch eine Feder 50 im Gleichgewicht gehalten wird. Ein über eine Leitung 52 mit Strom versorgter Elektromagnet 53 bewegt den Schieber 49 gegen die Wirkung der Feder 50 und verbindet dabei durch an diesem vorhandene Ausnehmungen den Innenraum des Stellglieds 8 entweder mit einer Druckleitung 54, über die unter Druck stehendes Hydrauliköl zugeführt wird, oder mit einer Abflußleitung 55, über die das Hydrauliköl in den Ölbehälter 14 abfließen kann. Das Steuerventil 12 wird als Proportionalventil bezeichnet, da die von ihm gesteuerte Verschiebung der Kolbenstange 46 proportional zu dem durch den Elektromagneten 53 fließenden elektrischen Strom ist.

Durch die hier beschriebene Steuerung soll das von der Kupplung übertragene Drehmoment geregelt werden. Dies wird durch Regeln der axialen Stellung des Kupplungs-Ausrückers 41 erreicht, da das übertragene Drehmoment aufgrund der Kenndaten der Membranfeder 39 in einer definierten funktionellen Abhängigkeit von der Lage des Ausrückers 41 steht. Als Stellglied 8 kann ein Nehmerzylinder einer bekannten hydraulischen Kupplungsbetätigung verwendet werden. Ein in der hydraulischen Druckversorgungseinheit enthaltener Druckbehälter weist einen ausreichenden Hydraulikdruckvorrat auf, um den Spitzenbedarf des Stellglieds 8 zu decken. In Zwischenstellungen des Stellglieds wird der Druckölbedarf nur durch den geringen Leckstrom des Proportionalventils 12 bestimmt.

Um das Kupplungsdrehmoment zu regeln, muß die Kupplungsstellung und damit die Lage des Kolbens 45 und der Kolbenstange 46 des hydraulischen Stellglieds 8 geregelt werden. Diese Regelung wird mit einem ersten Regelkreis — einen Stromregelkreis — 58 (Fig. 4) durchgeführt, der den durch den Elektromagneten 53 fließenden Strom regelt. Eingangsgrößen für diesen Regelkreis sind ein über eine Eingangsleitung 59 vorgegebener Lage-Sollwert und ein über eine Rückkopplungsleitung 60 auf den Eingang des Regelkreises rückgeführter Lage-Istwert des Stellglieds 8 der von dem Positionsgeber 9, z. B. einem Potentiometer, geliefert wird. Die Erzeugung des Lage-Sollwerts wird weiter hinten erläutert.

Anhand der in einem Vergleichler 61 gebildeten Regelabweichung zwischen dem Lage-Istwert und dem Lage-Sollwert erzeugt ein Lageregler 62 einen Strom-Sollwert, der einem Vergleichler 63 zugeführt wird. In diesem wird die Regelabweichung gegenüber dem von dem Elektromagneten über einen Verstärker 64 rückgeführten Strom-Istwert gebildet und an einen Stromregler 66 gegeben. Das Ausgangssignal des Stromreglers 66 gelangt über einen Verstärker 67 als Stellgröße auf den Eingang des Elektromagneten 53.

Um das übertragene Drehmoment in den verschiedenen Betriebszuständen, in denen in der Kupplung ein Schlupfauftritt, zu regeln, muß der vorstehend beschriebene Regelkreis ergänzt werden (siehe Fig. 5). Einleitend seien nun die der erweiterten Regelung zu Grunde liegenden Überlegungen erläutert. Sie basieren auf einer Analyse der Wechselwirkungen zwischen dem Fahrer, dem Motor, der Kupplung und dem Fahrkomfort eines Kraftfahrzeugs.

Bei einem von Hand geschalteten Kraftfahrzeuggetriebe steuert der Fahrer unmittelbar einerseits über das Kupplungspedal das von der Kupplung zu übertragende Drehmoment und andererseits über das Gaspedal das von dem Motor zu erzeugende Drehmoment. Eine der Fertigkeiten, die von einem Fahranfänger am schwierigsten zu erwerben sind, ist die Koordination der Betätigung dieser beiden Pedale. Er wird am Anfang entweder den Motor zu sehr hochdrehen, was zu einem erhöhten Verschleiß der Kupplungsbeläge führt, oder die Kupplung zu schnell einrücken, was zu einem unangenehmen Ruckeln des Fahrzeugs oder gar zu einem Abwürgen des Motors führt. Ein erfahrener Fahrer hingegen wird die Betätigung der beiden Pedale so koordinieren, daß das von der Kupplung übertragene Drehmoment in etwa dem von dem Motor erzeugten Drehmoment entspricht. Das bedeutet, daß die Motordrehzahl in etwa konstant gehalten wird. Wenn der Fahrer eine schnellere Beschleunigung des Fahrzeugs oder einen höheren Drehmomentwert wünscht, wird er das Drehmoment bei einer höheren Motordrehzahl im Gleichgewicht halten.

Bei dem hier beschriebenen automatischen Kupplungssystem steuert der Fahrer nicht mehr die Kupplung, er steuert lediglich das von dem Motor zu erzeugenden Drehmoment durch betätigen des Gaspedals. Das hat zur Folge, daß das Kupplungssteuersystem seinerseits das zu übertragende Drehmoment mit dem erzeugten Drehmoment im Gleichgewicht halten muß. Gelingt dies, so folgt daraus, daß der Fahrer das auf die Antriebsräder des Kraftfahrzeugs übertragene Drehmoment über das Gaspedal steuert.

Hieraus ergibt sich, daß das Problem, das Drehmoment im Gleichgewicht zu halten, dem Problem entspricht, die Motordrehzahl zu steuern. In diesem Fall ist dann die Kupplung, deren Lageregelung vorstehend beschrieben worden ist, das zu steuernde Element.

Der aus Fig. 5 ersichtliche erweiterte Mehrfachregelkreis enthält eine erste Steuerschaltung oder Drehzahlreglersteuerung 68, einen zweiten, dem Stromregelkreis überlagerten Lageregelkreis 70 und eine zweite Steuerschaltung 71. Er weist zwei unterschiedliche Modi oder Betriebsarten auf: ein erster Modus ohne Kupplungsschlupf und ein zweiter Modus mit Kupplungsschlupf. In dem ersten Modus wird in der zweiten Steuerschaltung 71 ein Lage-Istwert für die Kupplung erzeugt, der über einen Umschalter 72 auf den Eingang des zweiten, überlagerten Regelkreises 70 gegeben wird. In dem zweiten Modus wird in einer dritten Steuerschaltung 74, die z. B. ein Kennfeld enthält, ein Motordrehzahl-Sollwert erzeugt und über einen Vergleicher 75 auf den Eingang eines Motordrehzahlreglers 76 gegeben.

Die Ist-Drehzahl des Motors 2 gelangt über eine Rückkopplungsleitung 69 zu dem Vergleicher 75 und ergibt dort als Differenz gegenüber dem Drehzahl Sollwert die Regelabweichung des Motordrehzahlreglers 76. Dieser ist somit Bestandteil eines dritten, dem Lageregelkreis 70 überlagerten Regelkreises 78 und er ist als PI-Regler ausgebildet. Der P-Anteil (Proportionalanteil) des Reglers regelt das Kupplungs-Stellglied 8 in eine Lage, deren Abweichung gegenüber dem Berührungspunkt proportional zu der Differenz zwischen der Motordrehzahl und deren Sollwert ist. Daraus folgt, daß die Kupplung mit zunehmender Motordrehzahl stärker in Eingriff gebracht wird. Der I-Anteil (Integralanteil) des Reglers 76 regelt das Kupplungs-Stellglied 8 in eine Lage, deren Abweichung gegenüber dem Berührungspunkt proportional zu dem zeitlichen Integral der Differenz zwischen der Motordrehzahl und deren Sollwert ist. Daraus folgt, daß die Kupplung, wenn die Motordrehzahl über ihrem Sollwert liegt, immer stärker in Eingriff gebracht wird, bis die Abweichung beseitigt ist.

Die Drehzahl Sollwerte für den Motor werden je nach dem Betriebsmodus der Kupplungssteuerung wie folgt erzeugt:

1. Kein Schlupf in der Kupplung:  
Die Kupplung ist vollständig eingerückt, der Sollwert für die Motordrehzahl wird allein durch das Gaspedal vorgegeben.
2. Anfahren aus einer Geschwindigkeit null:  
Dieser Betriebsmodus wird durch einen großen Schlupf gekennzeichnet, d. h. durch einen großen Unterschied zwischen der Motordrehzahl und der Kupplungsdrehzahl. Der Motordrehzahl-Sollwert hängt davon ab, wie stark der Fahrer das Gaspedal niedertritt. Genauer gesagt: Der Motordrehzahl-Sollwert muß bei kleinem Drosselklappenwinkel geringfügig über der Leerlaufdrehzahl liegen. Danach muß der Motordrehzahl-Sollwert in Abhängigkeit von dem Drosselklappenwinkel zunehmen, und zwar bis zum Erreichen eines Sättigungswertes, bei dem der Motor sein maximales Drehmoment abgibt.
3. Fahren mit Schlupf:  
Dieser Modus ist dadurch charakterisiert, daß das Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit fährt, die — bei dem jeweils eingelegten Getriebe — innerhalb des zulässigen Drehzahlbereichs des Motors liegt. Hierbei kann eine geringfügige Drehzahldifferenz (etwa 50 U/min) zwischen der Motor- und der Kupplungs(ausgangs)drehzahl auftreten. Der Motordrehzahl-Sollwert wird deshalb durch die Kupplungsdrehzahl mit einer Abweichung (einem sogenannten Offset) von 50 U/min festgelegt.

In dem Betriebsmodus 2 wird naturgemäß ein Drosselklappensensor benötigt.

Der Betriebsmodus "Fahren mit Schlupf" ist solange eindeutig bestimmt, wie die Richtung der Drehmomentübertragung in dem Abtriebsstrang definiert ist. Probleme treten in einem Bereich auf, in dem bei gegebener Kupplungsdrehzahl es eine Null-Last-Drosselklappenstellung gibt, in der die Motordrehzahl nahe bei der Kupplungsdrehzahl liegt. Dies bedeutet, daß das Abtriebsdrehmoment null oder angenähert null ist. Mit den verfügbaren Sensorsignalen hat das Steuerungssystem hier nur eine sehr unsichere unmittelbare Kenntnis der

Größe und der Richtung des Drehmoments.

Dabei ist es aber sehr wichtig, die Richtung der Drehmomentübertragung zu kennen, um eine Schlupfregelung mit der richtigen Polarität (Vorzeichen) durchzuführen. Eine falsche Polarität in dem Regler würde zu einem "Aufintegrieren" der Kupplung führen, und zwar um so schneller, je mehr Drehmoment in dem Abtriebsstrang vorhanden ist. Darunter ist folgendes zu verstehen. Wird in dem Antriebsstrang ein positives Drehmoment übertragen, führt der I-Anteil des Reglers dazu, daß die Kupplung stärker in Eingriff gebracht wird, wenn die Motordrehzahl über dem Sollwert liegt. Ist die Kupplung (bei unter dem Sollwert liegender Motordrehzahl) hingegen zu stark im Eingriff, lockert oder öffnet der I-Anteil des Reglers die Kupplung derart, daß die Motordrehzahl in Richtung auf den Sollwert ansteigen kann.

Ändert sich nun die Richtung der Drehmomentübertragung und der gleiche Regler ist aktiv, geschieht folgendes: Die Motordrehzahl wird schließlich unter den Sollwert absinken, da kein Drehmoment für eine Anhebung sorgen kann. Der I-Anteil des Reglers wird fälschlicherweise "annehmen", daß die Motordrehzahl zu niedrig ist, weil die Kupplung zu stark greift. Er wird deshalb damit beginnen, die Kupplung zu öffnen, um den Motor hochdrehen zu lassen. Da der Motor aber nicht genügend Drehmoment erzeugt um zu beschleunigen (negatives Drehmoment im Antriebsstrang), fällt die Motordrehzahl noch weiter und der I-Anteil öffnet die Kupplung noch schneller (er integriert sie auf).

Diese Tatsache wird hier benutzt, um die Richtung des Drehmoments zu bestimmen. Bei der Herstellung weist ein Kraftfahrzeug aufgrund von Herstellungstoleranzen eine spezielle Abhängigkeit zwischen der Drosselklappenstellung und der Motordrehzahl bei einem Null-Drehmoment auf. Diese funktionelle Abhängigkeit gilt für den jeweiligen Kraftfahrzeugtyp, schließt aber nicht die Abweichung der einzelnen Kraftfahrzeuge dieses Typs ein.

Das Steuerungssystem wird in diesem Unsicherheitsbereich immer einen (Kupplungs-)Schlupfregler aktivieren. Wenn die Polarität des aktivierten Schlupfreglers in diesem Bereich falsch ist oder nach und nach falsch wird, wird der Regler die Kupplung über die vorstehend genannte Null-Drehmomentgrenze hinaus integrieren. Wenn dies allmählich geschieht, d. h. mit wenig Dynamik, kann die Null-Drehmomentgrenze aktualisiert werden. Sie und demzufolge auch die Lage des Unsicherheitsbereichs kann damit an den jeweiligen Zustand des Kraftfahrzeugs adaptiert werden, und zwar über die gesamte Lebensdauer des Kraftfahrzeugs.

Das hierbei abgearbeitete Programm wird nachfolgend im Pseudocode wiedergegeben.

If small dynamics

    If positive torque controller active

        If clutch position set point is greater than almost zero torque (i.e. integrated out.)

            Update the "zero torque limit" with the current throttle angle and engine speed.

            Keep the clutch position at zero torque level.

            Switch to the negative torque controller.

else (negative torque controller active)

    If clutch position set point is greater than almost zero torque level (i.e. integrated out.)

        Update the "zero torque limit" with the current throttle angle and engine speed.

        Keep the clutch position at the zero torque level.

        Switch to the positive torque controller

In der Kupplung findet kein Schlupf statt, wenn sie gar kein oder maximales Drehmoment übertragen muß, d. h. wenn sie ganz ausgerückt oder ganz eingerückt ist. Typisch für diese Zustände ist, daß die automatische Kupplungssteuerung in ihnen die Motordrehzahl nicht regeln soll und kann. Diese Zustände treten auf:

- im Leerlauf
- beim Schalten
- bei voll eingerückter Kupplung

Für diese Betriebszustände wird der Umschalter 72 benötigt. Die Drehzahlreglersteuerung 68 ist hier inaktiviert,

die erforderliche Kupplungslage wird nicht mehr durch den Motordrehzahlregler 76 festgelegt.

Eine in Fig. 5 gestrichelt gezeichnete Linie 80 deutet eine in einem Ausführungsbeispiel durchgeführte Aufteilung der einzelnen Funktionen der automatischen Kupplungssteuerung an: links von ihr dargestellte Funktionen sind in Software, d. h. durch Programme, und rechts von ihr dargestellte Probleme durch Hardware, d. h. durch elektrische Schaltungen und mechanische Elemente realisiert. Im Falle einer voll eingerückten Kupplung sind die Rückkopplungsleitung 69 und eine weitere Rückkopplungsleitung 81 inaktiviert, d. h. es werden über sie keine Signale übertragen. In diesem Zustand liefert der Stromregler 66 an das Proportionalventil lediglich einen Haltestrom mit einer auf etwa ein Viertel reduzierten Stromstärke.

Bei einem mit der hier beschriebenen Steuerung versehenen Kraftfahrzeug (Fig. 6) bedient der Fahrer den Schalthebel 18, das Lenkrad 24, ein Gaspedal 83 und ein Bremspedal 84. Entsprechende Sensorsignale gelangen zu der automatischen Kupplungssteuerung 85 (CMS = Clutch Management System) über folgende Signalleitungen: 86 die Schalthebelstellung, 87 die Bremsbetätigung und 88 die Drosselklappenstellung. Von dem Getriebe 4 und dem Motor 2 gelangen über eine Signalleitung 89 die Kupplungsdrehzahl bzw. über eine Signalleitung 90 die Motordrehzahl zu einer automatischen Kupplungssteuerung 85, die der erfindungsgemäßen Steuerung entspricht. Von dieser gelangt das Stellsignal über eine Signalleitung 91 zu der Kupplung 36. Über den Antriebsstrang 92, 93 und 94 gelangt das Drehmoment von dem Motor 2 über die Kupplung 36 und das Getriebe 4 zu dem durch ein Rad 95 angedeuteten Achsantrieb des Kraftfahrzeugs. Durch an dem Antriebsstrang in beide Richtungen zeigende Pfeile wird angedeutet, daß die Richtung der Drehmomentübertragung umkehrbar ist.

Anhand von Fig. 7 wird nun die Drehmomentübertragung bei schleifender Kupplung, d. h. bei einer Drehzahl-differenz zwischen der Eingangs- und Ausgangswelle der Kupplung, erläutert. Als Abszisse ist die Lage  $-s$  (mit negativem Vorzeichen, da in dieser Darstellung die Verschiebung der Kupplung beim Einrücken nach links erfolgt) des Ausrückers oder der Kupplung und als Ordinate das übertragene Drehmoment  $M_d$  aufgetragen. Oberhalb der Abszisse ist das übertragene Drehmoment positiv, der Motor treibt das Kraftfahrzeug an, unterhalb ist es negativ, der Motor bremst das Fahrzeug (gfs. mit Schubabschaltung).

In einer Ausgangsstellung a ist die Kupplung vollständig ausgerückt, d. h. es wird kein Drehmoment übertragen. Wird der Ausrücker nach links (in dieser Darstellung) bewegt, so wird weiterhin kein Drehmoment übertragen, bis sich die Druckplatte, die Kupplungsbelege und das Schwungrad berühren. Die Berührung findet bei einem Punkt T statt, der hier als Berührungspunkt bezeichnet wird. Wird der Ausrücker weiter nach links verschoben, so nimmt das übertragene Drehmoment wie aus der Zeichnung ersichtlich linear zu. Das durch die Kupplung übertragene Drehmoment ergibt eine Beschleunigung des Fahrzeugs. Eine gleichmäßige starke oder schwache Beschleunigung wird normalerweise nicht als unkomfortabel empfunden. Was wirklich als unkomfortabel empfunden wird, ist eine stark veränderliche Beschleunigung, d. h. ein Beschleunigungsruck.

Eine typische Situation bei der ein Ruck auftreten kann, ist das Anfahren aus dem Stillstand. Wird die Drosselklappe betätigt, so muß die Kupplung für eine Drehmomentübertragung auf den Motor mit sehr kurzer Zeitverzögerung sorgen, um zu verhindern, daß der Motor zu stark hochdreht. Das heißt, daß der Ausrücker so schnell wie möglich von der Stellung a in die Stellung T bewegt werden muß. Würde die gleiche schnelle Bewegung des Ausrückers nach dem Passieren des Punktes T beibehalten, so würde ein geräuschvoller und unkomfortabler Ruck auftreten. Die Verschiebegeschwindigkeit des Ausrückers muß deshalb unmittelbar vor Erreichen des Punktes T auf einen Wert verringert werden, der im Hinblick auf das Ruckverhalten erträglich ist. Deshalb ist es für ein komfortables Fahren von höchster Bedeutung, eine genaue und immer auf dem neuesten Stand gebrachte Kenntnis des Berührungspunktes "T" zu haben.

Bei einem herkömmlichen handgeschalteten Getriebe wird die Stellung des Ausrückers direkt von dem Fahrer über eine mechanische oder hydraulische Kraftübertragung mit dem Kupplungspedal gesteuert. Bei einer automatischen Kupplung wird die Lage des Ausrückers durch das Stellglied gesteuert. In beiden Fällen ist die genaue Kenntnis des Berührungspunktes T ausschlaggebend für ein komfortables Fahren. Bei dem herkömmlich geschalteten Kraftfahrzeug hat der Fahrer diese Kenntnis aus Erfahrung. Bei einer automatisch betätigten Kupplung muß der Berührungspunkt T direkt oder indirekt gemessen werden. Erfindungsgemäß wird dies wie schon erläutert im wesentlichen mit zwei Regelkreisen erreicht: einem inneren oder unterlagerten Regelkreis, der die Lage des Stellgliedes auf einen Sollwert regelt, und ein äußerer Regelkreis, der diesen Sollwert vorgibt. Der äußere Regelkreis regelt die Motordrehzahl auf einen Sollwert, der sich aus dem jeweiligen Fahrzustand ergibt. Die Wirkung der Regelung kann anhand der folgenden drei Stufen erläutert werden, wobei aber zu beachten ist, daß dies nur gilt, wenn in der Kupplung ein Schlupf vorhanden ist.

1. Erkennt der überlagerte Regelkreis, daß die Motordrehzahl über dem Sollwert liegt, so kann dies nur daher rühren, daß die Kupplung zu wenig Drehmoment überträgt. Somit verändert der überlagerte Regelkreis den Sollwert für die Regelung der Kupplungsstellung, d. h. für den unterlagerten oder inneren Regelkreis, was in Fig. 7 eine Verschiebung nach links bedeutet. Dadurch wird mehr den Motor abbremsendes Drehmoment übertragen, wodurch die Motordrehzahl in Richtung auf den Sollwert verringert wird.

2. Erkennt der überlagerte Regelkreis, daß die Motordrehzahl unter dem Sollwert liegt, so muß dies daher rühren, daß die Kupplung zuviel Drehmoment überträgt. Folglich ändert der überlagerte Regelkreis den Sollwert für die Kupplungsstellung, d. h. für den unterlagerten Regelkreis, was einer Verschiebung nach rechts in Fig. 7 entspricht. Damit wird weniger Bremsmoment auf den Motor übertragen, wodurch die Motordrehzahl in Richtung auf den Sollwert zunimmt.

3. Erkennt der überlagerte Regelkreis keinen wesentlichen Unterschied zwischen der Motordrehzahl und ihrem Sollwert, so wird der Lagesollwert für das Kupplungs-Stellglied nicht verändert.

In anderen Worten, das Kupplungs-Stellglied strebt laufend eine Position oder Lage an, in der ein Bremsmoment auf den Motor übertragen wird, das genau mit dem von dem Motor erzeugten Drehmoment übereins-



timmt. Diese Tatsache ist insofern von Bedeutung, als, wenn es einen Modus gibt, bei dem jedes Mal das gleiche Drehmoment übertragen wird, dann wenn dieser Modus aktiv wird, das Kupplungs-Stellglied jedes Mal auf die gleiche relative Stellung des Berührungspunktes T eingestellt wird. Daraus ergibt sich ein Verfahren, den Berührungspunkt zu eichen.

Dazu wird auf den unteren Kurvenzug von Fig. 7 verwiesen. Die untere Grenze des Drehmomentbereichs, der von dem Motor erzeugt werden kann, ergibt sich in einem Betriebszustand, in dem die Drosselklappe geschlossen und das Motordrehmoment negativ ist, d. h. im Zustand der Schubabschaltung, bei dem der Motor das Fahrzeug bremst (oder das Fahrzeug den Motor "schiebt"). In Fahrzeugen mit fortschrittlicher Motorsteuerung wird in diesem Zustand die Kraftstoffzufuhr unterbrochen, zumindest oberhalb eines vorgegebenen Drehzahlwertes.

Unter der Voraussetzung, daß das bremsende Drehmoment, das durch interne Reibung und Dämpfung in dem Motor verursacht wird, nicht zu sehr von anderen Parametern abhängt (z. B. von der Temperatur), kann dieser Modus verwendet werden, um einen Meßwert für den Berührungspunkt T mit der erwähnten Abweichung zu erhalten. Der Unterschied liegt nur darin, daß dies hier mit einem negativen statt mit einem positiven Drehmoment realisiert wird.

Um die Messung durchzuführen, aktiviert die Steuerung jedesmal, wenn der Drosselklappenwinkel null ist und der Motor bremst, die zwei vorstehend genannten Regelkreise. Zu diesem Zeitpunkt nimmt der Sollwert für die Motordrehzahl einen vorgegebenen Wert an, z. B. von 50 U/min unter der Drehzahl der Antriebswelle des Getriebes. Dabei wird das Stellglied für die Kupplungsbetätigung veranlaßt, die Lage der Kupplung so einzuregeln, daß das durch sie übertragene Drehmoment exakt mit dem bremsenden Drehmoment des Motors übereinstimmt. Die eingeregelterte Lage des Stellgliedes 8 wird bei jeder Schubabschaltung gemessen und der Meßwert wird tiefpaßgefiltert und gespeichert. Eine dem Drehmomentdiagramm des Motors in Abhängigkeit von der jeweiligen Motordrehzahl entnommenen Regelabweichung des gefilterten Meßwerts ergibt den Eichwert für den Berührungspunkt T.

Die Abweichung oder der Wert "delta" für einen bestimmten Kraftfahrzeugtyp wird bei einem ersten Exemplar dieses Typs durch Versuch ermittelt und festgehalten.

Nach diesem Verfahren werden Verschiebungen des Berührungspunktes, die durch Kupplungsverschleiß verursacht werden, selbsttätig kompensiert. Erreicht der Verschleiß einen vorgegebenen Grenzwert, so kann über die Warnlampe 23 (Fig. 1) ein Warnsignal an den Fahrer übermittelt werden, das ihn veranlaßt, die Kupplungsbelege erneuern zu lassen.

Aus Fig. 8 ist ein Meßdiagramm einer mit der hier beschriebenen Steuerung durchgeführten Kupplungsbetätigung ersichtlich. Die obere horizontale Linie entspricht der ausgerückten Stellung  $s_1$  (disengaged) die untere horizontale Linie der eingerückten Stelle  $s_0$  (engaged) der Kupplung. Die linke etwa vertikale Linie gibt den Zeitpunkt wieder, in dem der Sollwert (setpoint) für die Kupplungsausrückung erzeugt wird, während der rechte Kurvenzug die Ausrückbewegung der Kupplung (clutch position) wiedergibt.

Wechselt der Fahrer den Getriebegang, so hat der Ausrückvorgang so schnell stattzufinden, daß die Kupplung auf jeden Fall voll ausgerückt ist, bevor der nächste Gang eingerückt wird, und zwar unabhängig davon, wie schnell der Fahrer den Schalthebel bewegt. Die dargestellte Kurve zeigt, daß die Kupplung innerhalb von 60 bis 70 ms nachdem der Sollwert von "eingerückt"-, in "ausgerückt"-Stellung wechselt, vollständig ausgerückt ist. Unter Berücksichtigung der Abtastzeiten in der Steuerung bedeutet dies, daß die Kupplung etwa 70 ms, nachdem der Fahrer beginnt, den Schalthebel zu bewegen, vollständig ausgerückt ist. Durch Fahrversuche wurde festgestellt, daß diese Zeitdauer ausreichend ist, auch wenn man den Schalthebel so schnell wie irgend möglich bewegt.

#### Patentansprüche

1. Steuerung für eine automatisch betätigte Kupplung (36), die zwischen dem Motor (2) und dem Getriebe (4) eines Kraftfahrzeugs angeordnet ist und die durch ein einen Ausrücker (41) verschiebendes Stellglied (8) zwischen einer voll ausgerückten Lage über Lagen, in denen ein Schlupf auftritt, in eine voll eingerückte Lage bewegt wird, wobei ein Berührungspunkt (T) der Kupplung, bei dem Motordrehmoment beginnt übertragen zu werden ermittelt und die axiale Lage des Stellgliedes (8) bei diesem Berührungspunkt gespeichert wird, dadurch gekennzeichnet,
  - daß in dem Berührungspunkt (T) die Motordrehzahl durch einen Drehzahlregelkreis (78) auf eine Drehzahl geregelt wird, die etwas unter der Drehzahl der Kupplungsausgangswelle liegt, und
  - daß das Stellglied (8) durch einen dem Drehzahlregelkreis (78) unterlagerten Lageregelkreis (70) in die dem Berührungspunkt (T) entsprechende Lage geregelt wird.
2. Steuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei bremsendem Motor (2) und um eine vorgegebene Drehzahldifferenz unter der Drehzahl der Antriebswelle des Getriebes (4) liegender Motordrehzahl die Lage des Stellgliedes durch den Lageregelkreis (70) derart geregelt wird, daß das durch die Kupplung (36) übertragene Drehmoment dem bremsenden Motordrehmoment gleicht.
3. Steuerung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Drehzahldifferenz etwa 50 U/min beträgt.
4. Steuerung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die eingeregelterte Lage des Stellgliedes (8) jeweils gemessen und der Meßwert tiefpaßgefiltert und gespeichert wird.
5. Steuerung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine dem Drehmomentdiagramm des Motors in Abhängigkeit von der jeweiligen Motordrehzahl entnommenen Regelabweichung des gefilterten Meßwerts ein Eichwert für den Berührungspunkt (T) festgelegt wird.
6. Steuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Lageregelkreis (70) ein Stromregelkreis

(58) unterlagert ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

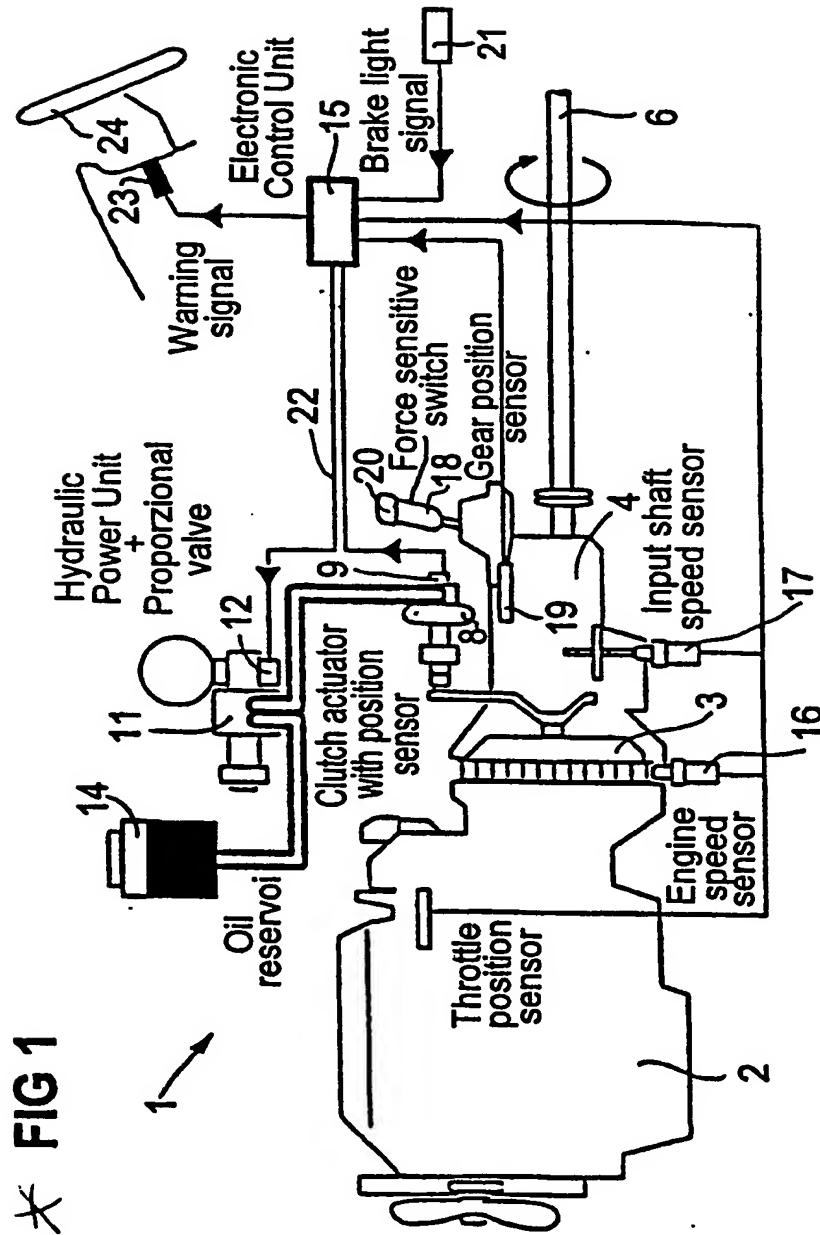


FIG 2

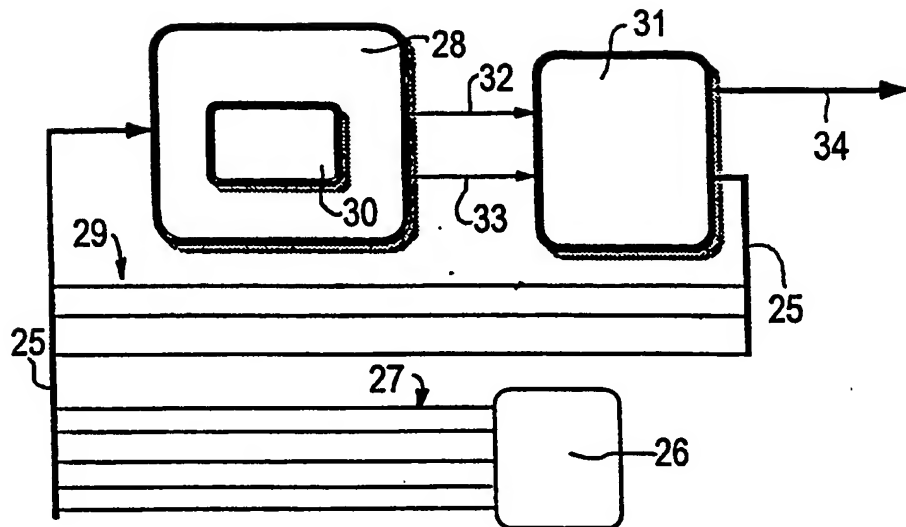


FIG 3

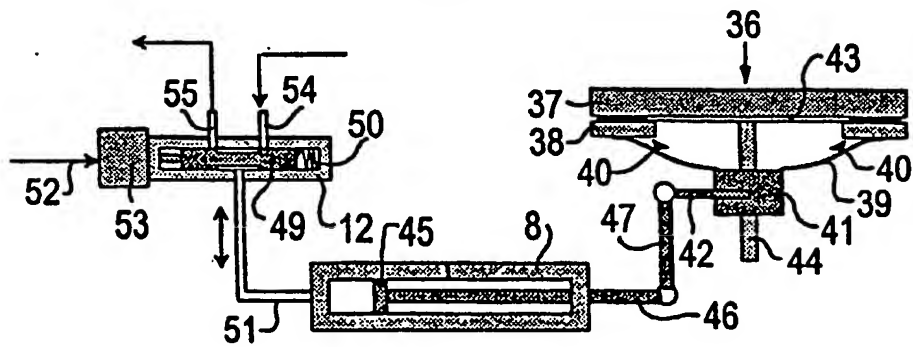


FIG 4

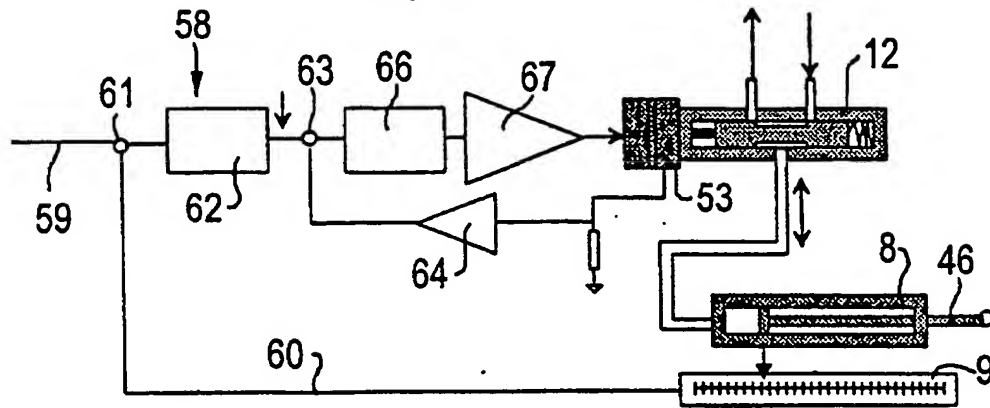


FIG 6

